

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-256911

(P2002-256911A)

(43)公開日 平成14年9月11日(2002.9.11)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テームコード(参考)
F 0 2 D 13/02		F 0 2 D 13/02	H 3 G 0 2 3 A 3 G 0 8 4 J 3 G 0 9 2 3 G 3 0 1
F 0 2 B 1/12 11/00		F 0 2 B 1/12 11/00	Z
審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全 8 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2001-48873(P2001-48873)

(22)出願日 平成13年2月23日(2001.2.23)

(71)出願人 000005348

富士重工業株式会社

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号

(72)発明者 金子 誠

東京都三鷹市大沢3丁目9番6号 株式会  
社スバル研究所内

(74)代理人 100076233

弁理士 伊藤 進

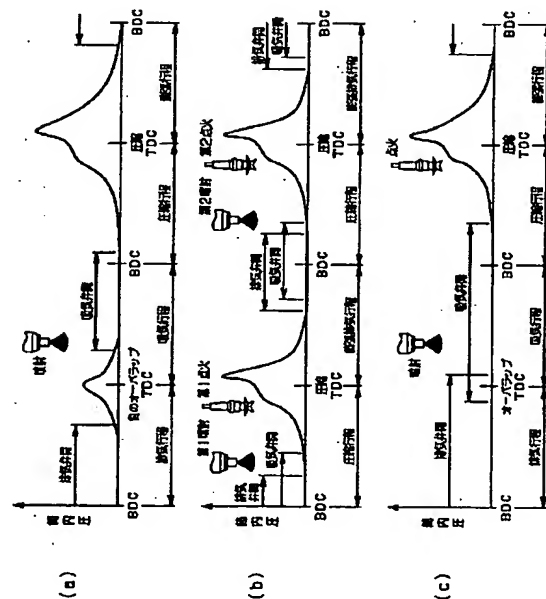
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エンジンの燃焼制御装置

(57)【要約】

【課題】圧縮着火燃焼を得るために圧縮比を高く設定しても、高負荷運転時のノッキングの発生やトルクの低下を回避できるようにする。

【解決手段】運転領域毎にバルブタイミングを可変設定し、低中回転且つ低負荷領域は4サイクル圧縮着火燃焼を行なわせ(a)、一方低中回転且つ高負荷領域では2サイクル火花点火燃焼を行なわせ(b)、又高回転領域では4サイクル火花点火燃焼を行なわせる(c)。4サイクル圧縮着火燃焼では排気上死点の前後にかけて吸排気弁が共に閉弁する負のオーバーラップ期間を形成して残留ガスを閉じ込め、この残留ガスにより吸気を加熱昇温し、燃焼室内のガス温度を断熱圧縮により自着火可能温度まで高める。2サイクル火花点火燃焼では実圧縮比を低くしてノッキングの発生及びトルクの低下を回避する。4サイクル火花点火燃焼ではミラーサイクル運転を行ないノッキングの発生及びトルクの低下を回避する。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 点火プラグと燃焼室内に燃料を供給するインジェクタと排気弁及び吸気弁のバルブタイミングを可変設定可能な可変動弁機構とを備えるエンジンの燃焼制御装置において、

運転領域に応じて燃焼形態を少なくとも圧縮着火燃焼と2サイクル火花点火燃焼に設定する燃焼形態設定手段と、

上記燃焼形態が圧縮着火燃焼に設定されたとき上記可変動弁機構によるバルブタイミングを排気上死点前後にかけて排気弁と吸気弁とを共に閉弁する負のバルブオーバーラップ期間を形成するように設定し、上記燃焼形態が2サイクル火花点火燃焼に設定されたとき上記可変動弁機構によるバルブタイミングをエンジン1回転に1回ガス交換を行なうように設定するバルブタイミング設定手段とを備えることを特徴とするエンジンの燃焼制御装置。

【請求項2】 上記運転領域が低中負荷領域のとき上記燃焼形態を圧縮着火燃焼に設定し、上記運転領域が高負荷領域のとき上記燃焼形態を2サイクル火花点火燃焼に設定することを特徴とする請求項1記載のエンジンの燃焼制御装置。

【請求項3】 上記運転領域が高回転領域にあるときは上記燃焼形態を4サイクル火花点火燃焼に設定することを特徴とする請求項1或いは2記載のエンジンの燃焼制御装置。

【請求項4】 上記バルブタイミング設定手段では燃焼形態が4サイクル火花点火燃焼に設定されたとき実圧縮比が実膨張比よりも小さくなるように吸気弁の閉弁時期を遅角させることを特徴とする請求項3記載のエンジンの燃焼制御装置。

【請求項5】 上記インジェクタは燃焼室内に燃料を直接噴射する筒内噴射用インジェクタであることを特徴とする請求項1～4の何れかに記載のエンジンの燃焼制御装置。

#### 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、エンジン運転状態に応じて燃焼形態を可変設定するエンジンの燃焼制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 4サイクルエンジンの熱効率を向上させる手段として、混合気をリーン化させることで作動ガスの比熱比を大きくして理論熱効率を向上させることが知られている。又、混合気をリーン化することにより、同じトルクで運転する場合でも、より多くの空気をエンジンに吸入させるので、ポンピング損失を低減させることができる。

【0003】 しかし、混合気のリーン化は燃焼期間の長期化や燃焼の不安定化を伴い限界がある。そこで、筒内噴射によって、混合気を成層化した状態のまま点火プラグ

の周囲に集め着火性を確保する成層燃焼により、この限界を上げるようにしているが、成層燃焼では、点火プラグ周りにリッチ混合気を集中させるので、燃焼温度が高くなり、NO<sub>x</sub>が増大し易いという問題がある。

【0004】 一方、ディーゼルエンジンは、圧縮着火により燃焼させるため熱効率が高く、空燃比の大幅なリーン化は可能であるが、高負荷時の空気利用率が悪いため、出力が低く、煤の排出を生じることがあり、排気ガス対策上問題となる。

【0005】 そこで、このような問題を解決する手段として、ガソリン混合気を点火プラグを用いず、断熱圧縮により多点着火させる圧縮着火式エンジンが提案されている。圧縮着火式エンジンでは、火花点火によらず、多点着火により火炎伝播の短い急速燃焼を実現しているため、燃焼室に局所的な高温部が形成され難く、NO<sub>x</sub>排出量を大幅に削減することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、圧縮着火燃焼を得るために圧縮比を15～18程度の高い値に設定すると、高負荷運転時においては、燃料噴射量の増加により燃焼圧力が急速に高くなるため、ノッキングが発生し易くなってしまう。

【0007】 これに対処するに、例えば特開平9-287528号公報には、外部EGRにより燃焼室内の混合気温度を低下させたり、EGR通路に設けた冷却装置により吸気温度を制御する技術が提案されている。

【0008】 しかし、外部EGRや吸気温度による燃焼制御は、応答性が遅く、走行中のトルク変化に対して良好な追従性を得ることができない問題がある。

【0009】 又、ノッキングの発生を回避するために、実圧縮比が実膨張比よりも小さくなるように設定する、いわゆるミラーサイクルを採用することも考えられるが、低回転高負荷領域でミラーサイクル運転を行なうと燃焼室内に十分な空気量が供給されず、トルクの低下を招く問題がある。

【0010】 本発明は、上記事情に鑑み、圧縮着火燃焼を得るために圧縮比を高く設定しても、高負荷運転時のノッキングの発生やトルクの低下を回避しつつ、全運転領域において排気エミッションを大幅に低減することの可能なエンジンの燃焼制御装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため本発明は、点火プラグと燃焼室内に燃料を供給するインジェクタと排気弁及び吸気弁のバルブタイミングを可変設定可能な可変動弁機構とを備えるエンジンの燃焼制御装置において、運転領域に応じて燃焼形態を少なくとも圧縮着火燃焼と2サイクル火花点火燃焼に設定する燃焼形態設定手段と、上記燃焼形態が圧縮着火燃焼に設定されたとき上記可変動弁機構によるバルブタイミングを排

気上死点前後にかけて排気弁と吸気弁とを共に閉弁する負のバルブオーバーラップ期間を形成するように設定し、上記燃焼形態が2サイクル火花点火燃焼に設定されたとき上記可変動弁機構によるバルブタイミングをエンジン1回転に1回ガス交換を行なうように設定するバルブタイミング設定手段とを備えることを特徴とする。

【0012】このような構成では、燃焼形態が圧縮着火燃焼に設定されたときバルブタイミングを排気上死点前後にかけて排気弁と吸気弁とを共に閉弁する負のバルブオーバーラップ期間を形成するように設定し、又、燃焼形態が2サイクル火花点火燃焼に設定されたときバルブタイミングをエンジン1回転に1回ガス交換を行なうように設定する。

【0013】この場合、好ましくは、1) 上記運転領域が低中負荷領域のとき上記燃焼形態を圧縮着火燃焼に設定し、上記運転領域が高負荷領域のとき上記燃焼形態を2サイクル火花点火燃焼に設定することを特徴とする。

【0014】2) 上記運転領域が高回転領域にあるときは上記燃焼形態を4サイクル火花点火燃焼に設定することを特徴とする。

【0015】3) 上記バルブタイミング設定手段では燃焼形態が4サイクル火花点火燃焼に設定されたとき実圧縮比が実膨張比よりも小さくなるように吸気弁の開弁時期を遅角させることを特徴とする。

【0016】4) 上記インジェクタは燃焼室内に燃料を直接噴射する筒内噴射用インジェクタであることを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面に基いて本発明の一実施の形態を説明する。図1にエンジンの全体構成図を示す。

【0018】同図の符号1はエンジン本体、2はピストン、3は燃焼室、4は吸気ポート、5は排気ポート、6は吸気弁、7は排気弁であり、吸気ポート4に連通する吸気通路8に、エンジンによって駆動される機械式過給機30が配置され、機械式過給機30の上流（或いは下流）にスロットル弁（図示せず）が介装されている。尚、このスロットル弁はスロットル開度を電子的に制御する電子制御スロットル装置（図示せず）に連設されている。又、燃焼室3の頂面中央に筒内噴射用インジェクタ11の噴孔が臨まされており、この筒内噴射用インジェクタ11の噴射方向に対設するピストン2の頂面に湾曲凹面状のピストンキャビティ2aが形成されている。更に、燃焼室3の一侧（本実施の形態ではスキッシュエリア）に点火プラグ12の発火部が臨まされている。尚、符号16はノックセンサ、17は水温センサである。

【0019】又、排気ポート5に連通する排気通路28に、空燃比検出手段の一例であるO2センサ18が臨まれ、このO2センサ18の下流に、排気ガス中のC

O、HCの酸化とNO<sub>x</sub>の還元を行って浄化する三元触媒29が介装されている。尚、空燃比検出手段は広域空燃比センサであっても良い。

【0020】又、本実施の形態で採用するエンジンは、後述するように、低中回転且つ低中負荷領域では燃焼形態を、空燃比の超リーンな4サイクル圧縮着火燃焼に設定する。この場合、4サイクル圧縮着火燃焼は、NO<sub>x</sub>生成温度以下で燃焼させることができるため、NO<sub>x</sub>がほとんど発生せず、しかも、空気過剰率が高いので、三元触媒29は排気ガス中のCOとHCとを酸化反応により浄化する、酸化触媒として機能させる。

【0021】更に、本実施の形態で採用するエンジンは、熱効率と圧縮着火性との双方を満足させるために、圧縮比を15～18程度の比較的高い値に設定されている。

【0022】又、吸気弁6と排気弁7とが、可変動弁機構13a、13bに各々連設されている。この各可変動弁機構13a、13bは、電磁力により吸排気弁の開閉を任意のバルブタイミングで制御可能な、周知の電磁駆動弁で構成されている。

【0023】ところで、図3の運転領域マップに示すように、本実施の形態では、運転領域を低中回転且つ低中負荷領域の4サイクル圧縮着火領域、低中回転且つ高負荷領域の2サイクル火花点火領域、高回転領域の4サイクル火花点火領域の3領域に区分し、吸気弁6と排気弁7とは、各領域毎に異なるタイミングで開閉動作するように設定される。尚、この場合、本実施の形態によるエンジンの圧縮比は15～18程度と、圧縮着火燃焼を優先させる特性に設定されているため、低中回転且つ高負荷領域ではノッキングが発生し易くなる。そのため、この領域では2サイクル運転とすることで実圧縮比（吸気弁6の開弁時期から上死点までの行程容積とピストン2が上死点にあるときの燃焼室3容積との比）を下げ、ノッキングの発生、及びトルク低下を回避しつつ安定燃焼を得るようにしている。

【0024】すなわち、図4に示すように、同図（a）の4サイクル圧縮着火領域では、排気弁7を排気上死点（TDC）よりも進角させた位置で閉弁動作させ、又、吸気弁6を排気上死点（TDC）を越えて遅角させた位置で閉弁動作させる。その結果、排気上死点（TDC）の前後で、両弁6、7が共に閉弁する負のバルブオーバーラップ期間が形成される。尚、排気弁7の開弁時期と吸気弁6の開弁時期とは、負のバルブオーバーラップ期間が排気上死点（TDC）を挟んでほぼ対称となるように設定されている又、同図（b）に示すように、2サイクル火花点火領域では、排気弁7と吸気弁6とを1回転毎に開弁動作させて、エンジン1回転に1回ガス交換を行なう2ストローク1サイクル運転を行なわせる。その際、膨張排気行程の後半において開弁される吸気弁を経て燃焼室3内に流入する新気は、機械式過給機30により過

給されているため、この新気により燃焼ガスが掃気される。

【0025】更に、同図(c)に示すように、4サイクル火花点火燃焼では、排気弁7と吸気弁6とが2回転に1回開弁動作され、排気上死点(TDC)の前後において両弁6, 7が共に開弁する。(正の)バルブオーバーラップ期間を形成すると共に、吸気弁6の開弁時期を遅角させて、ミラーサイクル運転を行なわせる。。

【0026】上述した各センサで検出した信号は電子制御ユニット(ECU)20に入力される。電子制御ユニット(ECU)20は、CPU21、ROM22、RAM23、入力ポート24、出力ポート25等からなるマイクロコンピュータを中心として構成され、これらが双方向性バス26によって相互に接続されている。

【0027】入力ポート24には、上述した各センサ以外に、設定クランク角度毎にクランクパルスを発生するクランク角センサ31が接続されていると共に、アクセルペダル32の踏み込み量に比例した出力電圧を発生する負荷センサ33がA/D変換器34を介して接続されている。又、出力ポート25が吸気弁駆動回路36a、排気弁駆動回路36bを介して、各可変動弁機構13a, 13bに個別に接続され、点火駆動回路36cを介して点火プラグ12に接続され、更に、インジェクタ駆動回路36dを介して筒内噴射用インジェクタ11に接続されている。

【0028】《尚、図示しないが、吸気通路8には機械式過給機30をバイパスするバイパス通路が設けられており、このバイパス通路に過給圧を制御する過給圧制御弁が介装されており、この過給圧制御弁を駆動するアクチュエータが駆動回路を介して出力ポート25に接続されている。この過給圧制御弁は、例えば高回転且つ高負荷運転時に開弁される。高負荷運転時に過給圧制御弁を開弁することで過給圧が低下され、ノッキング等の異常燃焼を回避することができる。》電子制御ユニット(ECU)20は、クランク角センサ31からの信号に基づいて算出したエンジン回転数 $N_e$ と、負荷センサ33からの信号に基づいて検出したエンジン負荷 $L_o$ とに基づき運転領域が4サイクル圧縮着火領域にあるか、2サイクル火花点火領域にあるか、4サイクル火花点火領域にあるかを調べ、4サイクル圧縮着火領域にあるときは、スロットル弁を全開とし、バルブタイミングを可変させて、負のバルブオーバーラップ期間中に燃焼室3内に閉じ込められた残留ガスにより吸気を加熱昇温させて、圧縮行程時の断熱圧縮により最適な圧縮着火燃焼を得るようにする。

【0029】又、運転領域が2サイクル火花点火領域にあるときは、吸気弁6と排気弁7とを1回転に1回、下死点(BDC)の前後にかけて開弁させて、機械式過給機30による過給圧で、吸入及び掃気を行なう2サイクル火花点火運転とすることで、実圧縮比を下げ、圧縮比

が15~18程度と比較的高い場合であっても、ノッキングの発生、及びトルクの低下を回避しつつ良好な燃焼を得るようにする。

【0030】更に、運転領域が4サイクル火花点火領域にあるときは、機械式過給機30をバイパスするバイパス通路に介装されている過給圧制御弁(図示せず)を制御し、過給圧を調整することで、ノッキング等の異常燃焼を回避しつつ、通常の火花点火燃焼制御により、高出力を得るようにする。

【0031】電子制御ユニット(ECU)20で処理される、燃料噴射制御、点火時期制御等の燃焼制御、及びバルブタイミングの設定は、具体的には、図2に示す燃焼制御ルーチンに従って実行される。

【0032】このルーチンでは、まず、ステップS1で、エンジン回転数 $N_e$ とエンジン負荷 $L_o$ とに基づき、図3に示す運転領域マップを参照して、運転領域が4サイクル圧縮着火領域、2サイクル火花点火領域、4サイクル火花点火領域の何れにあるかを調べ、4サイクル圧縮着火領域にあるときは、ステップS2へ進み、2サイクル火花点火領域にあるときはステップS5へ進み、4サイクル火花点火領域にあるときはステップS7へ進む。尚、本実施の形態における4サイクル圧縮着火領域は、図3に示すように、低中回転且つ低中負荷領域に設定され、2サイクル火花点火領域は、低中回転且つ高負荷領域に設定され、4サイクル火花点火領域は、それ以外の領域である高回転領域に設定されている。

【0033】運転領域が4サイクル圧縮着火領域にあると判断されて、ステップS2へ進むと、スロットル弁9を全開動作させ、次いで、ステップS3へ進み、可変動弁機構13a, 13bに対して、吸気弁6と排気弁7とが排気上死点(TDC)の前後にかけて開弁する負のバルブオーバーラップ期間を形成するバルブタイミングの駆動信号を出力する。

【0034】その結果、図4(a)に示すように、負のバルブオーバーラップ期間では、燃焼室3内に残留ガスが閉じ込められ、この残留ガスの熱エネルギーにより吸気行程時に燃焼室3に吸入される新気が加熱昇温されるため、圧縮行程開始温度が上昇し、その後の断熱圧縮により燃焼室3内の混合気を圧縮着火可能温度まで上昇させることが可能となる。

【0035】次いで、ステップS4へ進み、圧縮着火燃焼を実行してルーチンを抜ける。この圧縮着火燃焼制御では、燃料噴射量をエンジン回転数 $N_e$ とエンジン負荷 $L_o$ とに基づき設定し、エンジン回転数 $N_e$ 及びエンジン負荷 $L_o$ が低下するに従い空燃比を次第にリーン化させる制御を行ない、所定タイミングで燃焼室3内に噴射させる。その結果、圧縮行程時の燃焼室3内のガス温度が発火温度に達したとき、混合気が一斉に発火して火炎が伝播しない燃焼、いわば無限数の点火プラグを配したような多点発火燃焼(均一圧縮着火燃焼)が実現され

る。

【0036】又、2サイクル火花点火領域にあると判断されてステップS5へ進むと、可変動弁機構13a、13bに対して、吸気弁6と排気弁7とが下死点(BDC)の前後にかけて開弁させる2サイクル運転の駆動信号を出力する。その結果、図4(b)に示すように、膨張排気行程の後半で先ず排気弁7が開弁して燃焼ガスが排出され、次いで吸気弁6が開弁して機械式過給機30により過給された新気が燃焼室3内に供給されると共に、この新気により燃焼室3内に残留する燃焼ガスが掃気される。そして、下死点(BDC)を過ぎると、先ず排気弁7が閉弁し、次いで吸気弁6が閉弁して圧縮過程へ移行する2サイクル運転が行なわれる。

【0037】次いで、ステップS6へ進み、2サイクル火花点火燃焼制御を実行してルーチンを抜ける。この2サイクル火花点火燃焼制御では、スロットル弁9をアクセルペダル32に連動させた動作に戻し、更に、燃料噴射量を、エンジン回転数 $N_e$ とエンジン負荷 $L_o$ とに基づき設定し、所定空燃比による運転を行なう。低中回転且つ高負荷領域を2サイクル運転とすることで、圧縮比を15~18程度と高めに設定した場合であっても、実圧縮比が低下しているためノッキングの発生、及びトルク低下を回避しつつ安定燃焼を得ることができる。

【0038】又、運転領域が4サイクル火花点火領域にあると判断されてステップS7へ進むと、可変動弁機構13a、13bに対し、排気弁7と吸気弁6とが排気上死点(TDC)の前後にかけて共に開弁する正のバルブオーバーラップ期間を形成すると共に、実圧縮比が実膨張比よりも小さくなるように、吸気弁6の開弁時期を遅角させるようなバルブタイミンの駆動信号を出力する。その結果、4サイクル火花点火領域ではミラーサイクル運転が行なわれる。

【0039】次いで、ステップS8へ進み、4サイクル火花点火燃焼制御を実行してルーチンを抜ける。この4サイクル火花点火燃焼制御では、先ず、スロットル弁9をアクセルペダル32に連動させた動作に戻し、又、燃料噴射量、燃料噴射時期、及び点火時期等を通常の火花点火燃焼制御に戻す(図4(c))。更に、機械式過給機

30をバイパスするバイパス通路に介装されている過給圧制御弁を制御して、過給圧を調整する、4サイクル火花点火燃焼制御を行なう。尚、これらの制御は公知であるため、ここでの説明は省略する。

【0040】このように、本実施の形態では圧縮比を15~18程度と高めに設定し、低中負荷領域での圧縮着火燃焼を実現させると共に、ノッキングの発生し易い高負荷領域では2サイクル運転により実圧縮比を下げることでノッキングを回避し、又、高回転領域では、4サイクル火花点火燃焼とし、バルブタイミングをミラーサイクル運転とすることで、ノッキングを回避しつつ高出力を得ることができる。又、運転領域に応じて、燃焼形態を4サイクル圧縮燃焼、2サイクル火花点火燃焼、4サイクル火花点火燃焼の3形態から選択するようにしたので、燃焼ガスの熱エネルギーをより多く利用して高いエンジン効率を得ることができるばかりでなく、排気ミッションを低減することができる。

【0041】

【発明の効果】以上、説明したように本発明によれば、圧縮着火燃焼を得るために圧縮比を高く設定しても、高負荷運転時のノッキングの発生やトルクの低下を抑制しつつ、全運転領域において排気エミッションを大幅に低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】エンジンの全体構成図

【図2】燃焼制御ルーチンを示すフローチャート

【図3】運転領域マップの説明図

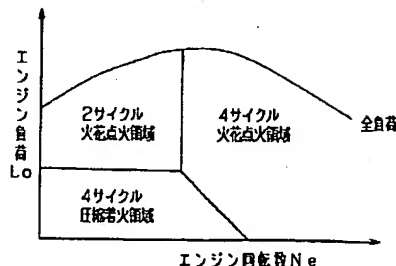
【図4】運転領域毎の筒内圧の変化を示す説明図で

(a)は4サイクル圧縮着火運転、(b)2サイクル火花点火運転、(c)は4サイクル火花点火運転

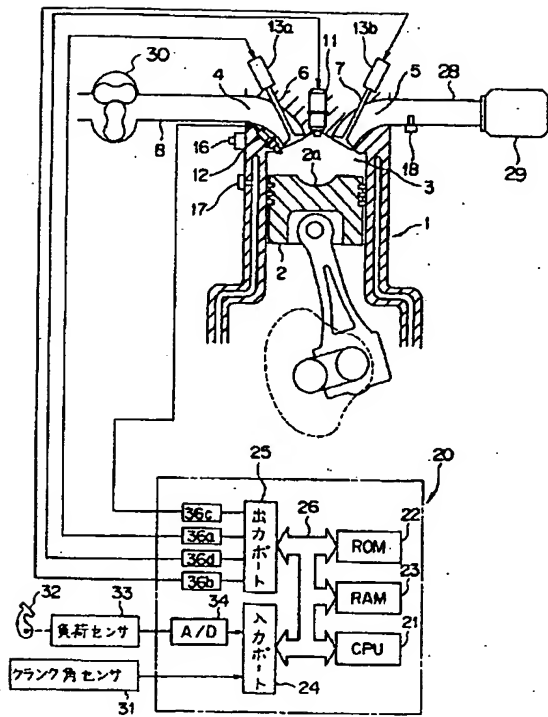
【符号の説明】

- 1 エンジン本体
- 3 燃焼室
- 6 吸気弁
- 7 排気弁
- 11 筒内噴射用インジェクタ
- 12 点火プラグ
- 13a、13b 可変動弁機構

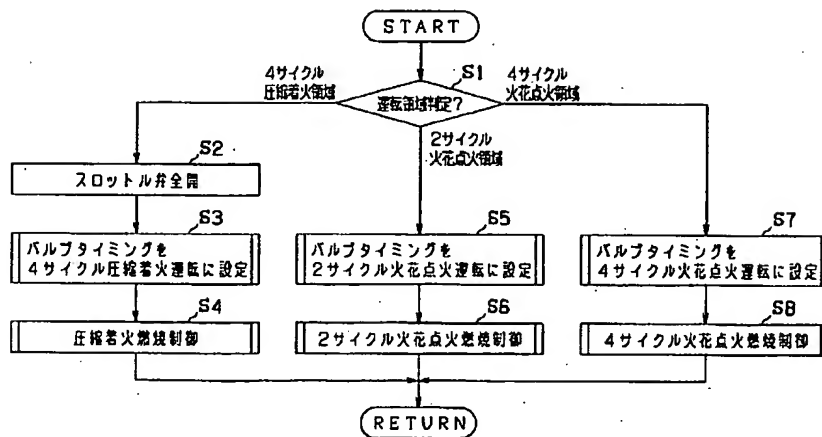
【図3】



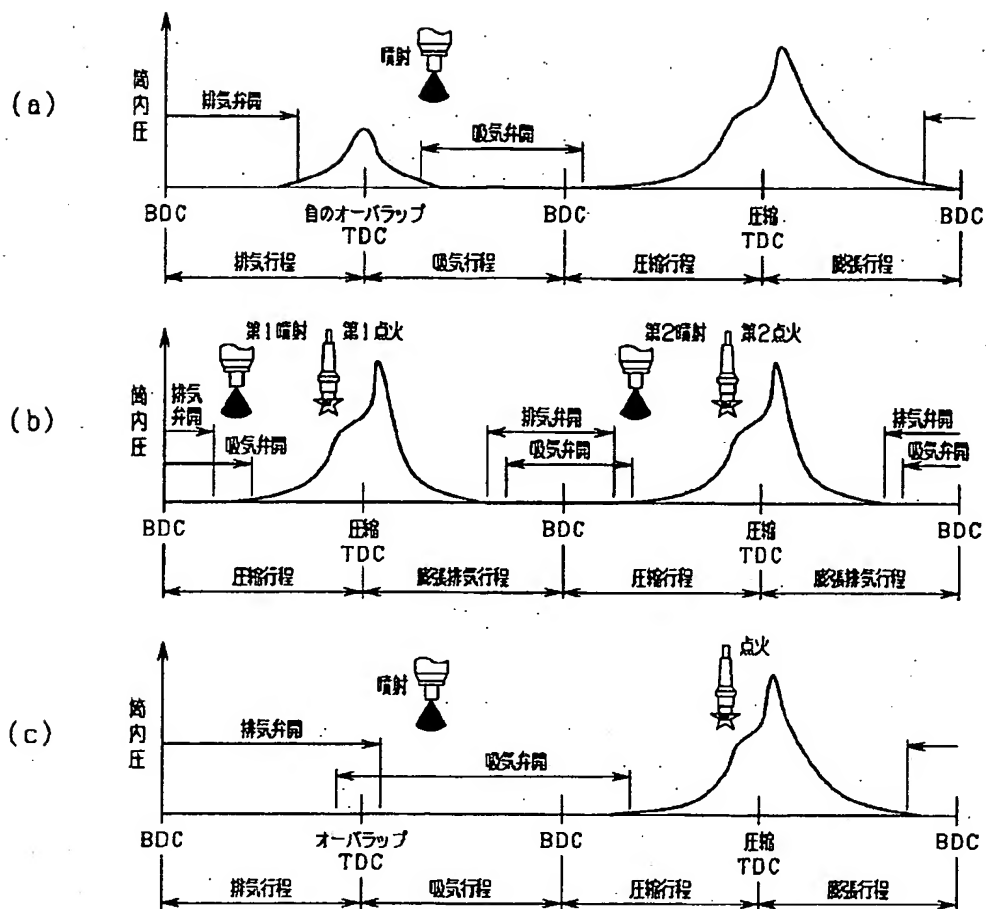
【図1】



【図2】



【図 4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

F 0 2 B 69/06

F 0 2 D 15/00

41/02

識別記号

3 0 1

3 5 1

3 7 0

43/00

3 0 1

F I .

F 0 2 B 69/06

F 0 2 D 15/00

41/02

テーマコード (参考)

E

3 0 1 B

3 0 1 A

3 5 1

3 7 0

3 0 1 A

3 0 1 H

3 0 1 J

3 0 1 Z

Fターム(参考) 3G023 AA04 AA05 AA06 AB03 AB05  
AC05 AD03 AD08 AE05 AF00  
AF02 AF03  
3G084 AA00 AA02 BA13 BA16 BA23  
CA09 DA01 DA02 DA10 EB11  
FA10 FA12 FA20 FA25 FA29  
FA33 FA38  
3G092 AA00 AA01 AA03 AA04 AA11  
AB02 BA01 BA08 BA10 BB01  
CB04 DA08 DA12 DB02 DC01  
DE03Y DG09 EA11 EC01  
FA01 FA15 FA24 GA03 GA06  
GA18 HA06Z HA11Z HA13Z  
HB01Z HC08Z HD05Z HE01Z  
HE03Z HE08Z HF08Z  
3G301 HA00 HA01 HA03 HA04 JA01  
JA02 JA22 JA25 KA06 LA07  
LB04 LC01 MA11 ND01 PA01Z  
PA11Z PA16Z PC08Z PD02Z  
PE01Z PE03Z